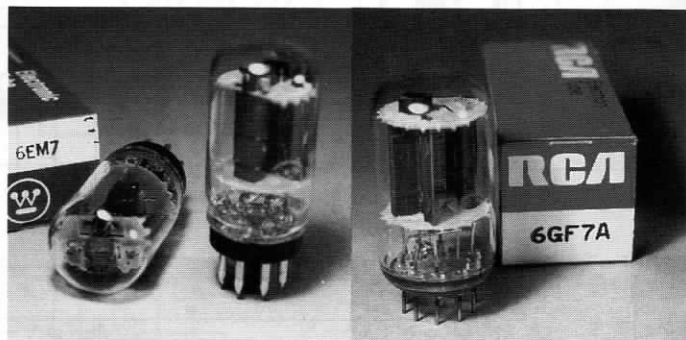
真空管抵抗方式 6GF7A/6EM7PP アンプの製作

●垂直発振・偏向出力用の 6 GF 7 A と 6 EM 7

木村　之信

垂直偏向発振増幅用の複 3 極管のユニット 2 を出力管として使用したプッシュプル・パワー・アンプの製作の第 4 報として，6 GF 7 A と 6 EM 7 の PP アンプの製作について報告します．

6 GF 7 A と 6 EM 7 の比較

第 1 表は，6 GF 7 A と 6 EM 7 の最大定格と動作例または静特性を示したものです．両者を比較すると，プレート損失の最大定格と g_m に差があるだけで，それ以外は同じ値です．両者のソケットは異なるので，差し替えることはできません．もし両者の接続ピンが同じであれば，両者は類似管ではなくて同等管でしょう．球の名称と外形から考えて，GT 管の 6 EM 7 をノーバル管に作り替えて 6 GF 7，6 GF 7 A が出現したものと思われます．

		名称	6EM7	6GF7A
	E_f, I_f	V×A	6.3×0.9	6.3×0.6
#2	E_b	V_{DC}	330	330
	e_{pm}	kV_{DC}	1.5	1.5
	P_p	W	10	11
	I_k	mA_{DC}	50	50
	i_{km}	mA_{DC}	—	175
	E_b	V_{DC}	150	150
	E_{c1}	V_{DC}	−20	−20
	I_b	mA_{DC}	50	50
	g_m	m℧	7.2	7.5
	r_p	kΩ	0.75	0.75
	μ	-	5.4	5.4
#1	r_p	kΩ	40	40
	μ	-	64	64

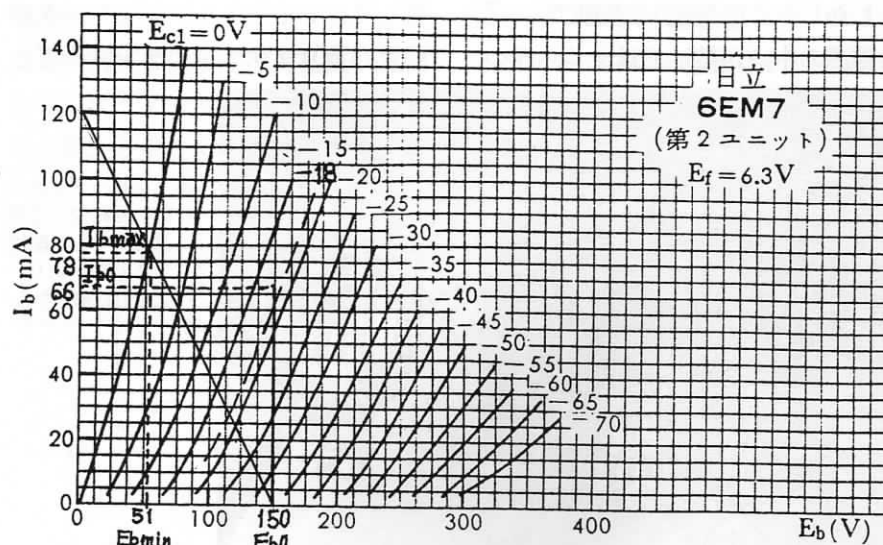
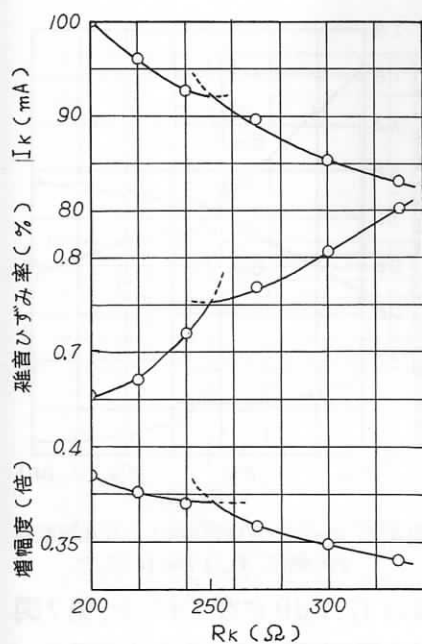
#1:ユニット1，　#2:ユニット2

〈第 1 表〉6 EM 7，6 GF 7 A の主要規格

E_b-I_b 曲線で特性を調べる

『真空管マニュアル』（ラジオ技術社，RCA の双方とも）には 6 EM 7 の E_b-I_b 曲線は掲載がありますが，6

静止時プレート電圧・E_{bo}	150 V
静止時プレート電流・I_{bo}	66mA
最小プレート電圧・E_{bmin}	51 V
最大プレート電流・I_{bmax}	78mA
最大出力・P_O	3.8W
最大信号時の平均電流・i_P	43mA
最大信号時のプレート損失・P_P	4.6W

〈第 2 表〉第 1 図から計算した 6 EM 7 PP アンプのデータ

〈第 1 図〉6 EM 7 の E_b-I_b 特性を使って動作点をきめる

〈第2図〉出力管の R_k 値と動作

GF 7 Aのものはありません．RCAのマニュアルの6 GF 7 Aの項には，ユニット2の E_b-I_b 曲線は6 EM 7に従うと記されています．そこで6 EM 7の E_b-I_b 曲線で調べました．

静止時のプレート電圧 E_{b0}＝150 V，負荷抵抗 R_L＝5 kΩとしてロード・ラインを引き作図したものが**第1図**です．**第1図**に示した数値と計算で得た数値を**第2表**にまとめました．これから，最大出力は3.8 W，このときのプレート損失は4.6 Wとなりました．プレート損失の最大定格は，6 GF 7 Aが11 W，6 EM 7が10 Wなので，どちらもまだ余裕があります．

1．6 GF 7 APP アンプ

〈第3図〉6 GF 7 A-PP アンプ用の真空管抵抗使用位相反転回路

(1) 出力管カソード抵抗 R_k の適正値

出力回路の R_k の適正値は，出力1.0 W/1 kHzにおける測定で得た**第2図**から250 Ωとなりましたが，実装は240 Ωとしました．出力段以降の増幅度は0.38倍でした．

(2) 位相反転回路の R_k の適正値

位相反転回路（**第3図**）の動作特性の出力1.0 W/1 kHzの測定結果（**第3表**）より作成した**第4図**から，R_k の適正値は180 Ωになりましたが，手持ちの抵抗ががなかったので，実装は160 Ωにしました．

第5図は位相反転回路のひずみ率特性を示したものです．**第5図**とこの測定の3日前に行った測定から作成した**第6図**を比べると，R_k の適正値とそのときの増幅度が，170 Ω/47.8倍から180 Ω/33.0倍に変化したことがわかりました．R_k の適正値の変動はともかく，増幅度がいちじるしく低下したのには驚きました．6 AU 6 WAのプレート電圧の

〈第4図〉位相反転回路の動作

〈第3表〉第3図の回路の各部定数と動作特性の関係

R_K (Ω)	E_K (V)	E_K (V)	E_{bb} (V)	E_{b1} (V)	R_{AC} (kΩ)	E_{b2} (V)	E_{K1b} (V)	E_{K2b} (V)	E_{CC2} (V)	E_{K1C} (V)	E_{K2C} (V)	e_{O1} (V)	ひずみ率 (%)	e_{O2} (V)	ひずみ率 (%)	I_K (mA)	e_i (V)	増幅度 (倍)
100	99.1	98.6	294	256	0.534	258	155	152	205	150	150	7.47	1.27	7.46	1.06	5.0	0.221	35.2
120	99.0	98.4	286	258	0.744	259	157	154	207	152	152	7.42	1.21	7.42	1.03	5.0	0.213	34.8
150	97.0	96.4	291	255	0.744	256	156	154	207	152	152	7.39	1.11	7.39	1.10	4.0	0.217	34.0
160	96.8	96.3	293	257	0.744	258	157	153	207	152	152	7.37	1.03	7.37	1.11	3.1	0.219	33.6
180	95.6	95.0	290	255	0.510	256	157	154	207	153	154	7.39	0.978	7.40	1.14	2.2	0.224	33.0
200	94.2	93.4	289	254	0.954	255	157	156	209	155	156	7.42	0.837	7.42	1.16	4.0	0.230	32.3
220	94.6	93.7	289	256	0.954	257	159	158	210	156	158	7.40	0.904	7.40	1.15	4.0	0.233	31.8
240	95.7	94.6	296	261	0.954	262	164	161	213	160	160	7.47	0.857	7.41	1.04	3.7	0.236	31.4

〈第5図〉第3図の位相反転回路のひずみ率特性

〈第6図〉エージング後再測定した位相反転回路の動作．R_k は 160 Ω とした

変化は僅少で無視できることから，おそらく最初の測定のときは，球のエージングが十分でなかったものと思われます．本機を組み上げてから，この回路の増幅度を再度測定したところ，35.0倍でした．

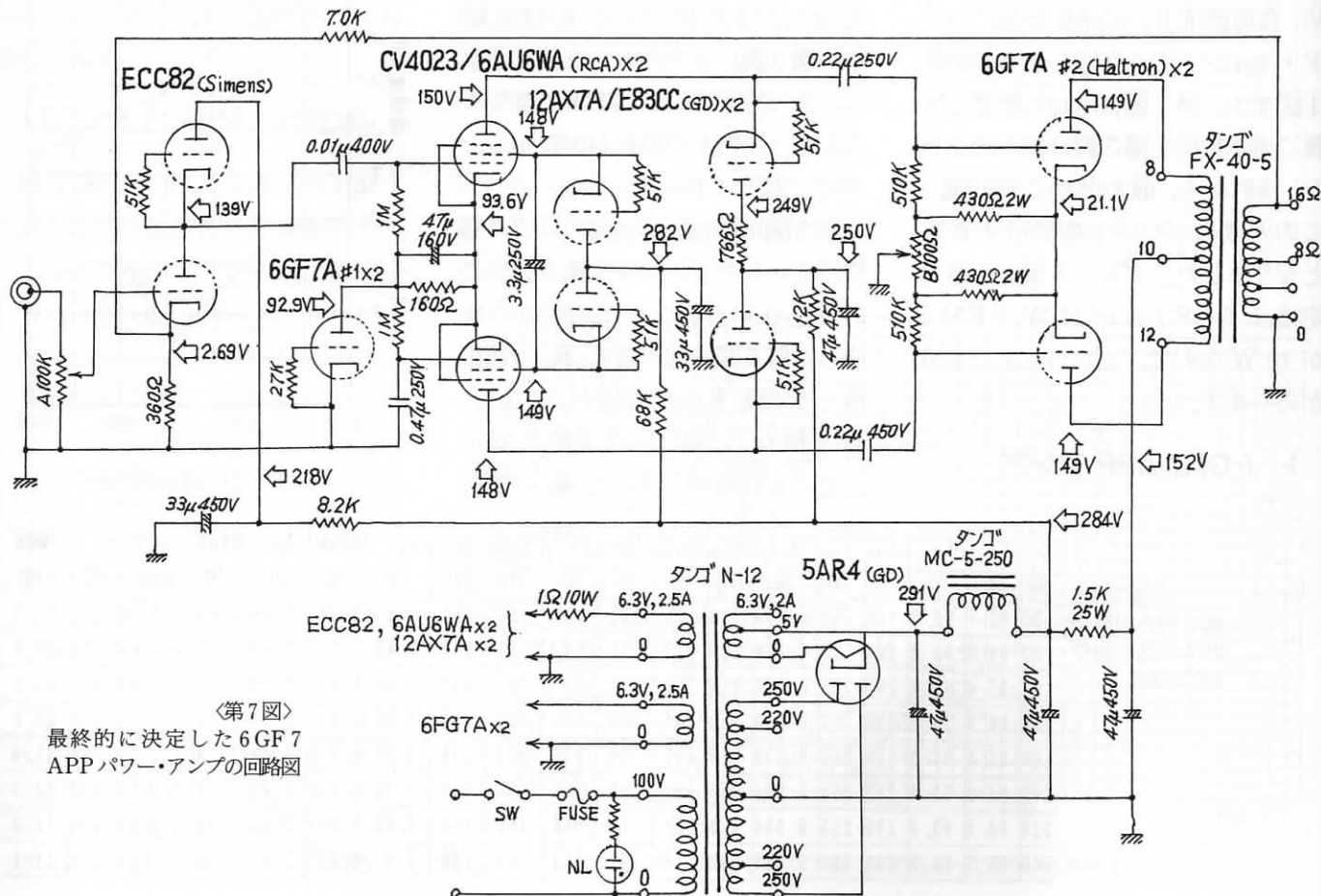
ACバランス用抵抗の必要値は 767 Ω でしたが，実装は 766 Ω（620 Ω＋150 Ω の実測値）です．抵抗管 6 GF 7 A のユニット 1（並列接続）の内部抵抗は 21.2 kΩ でした．

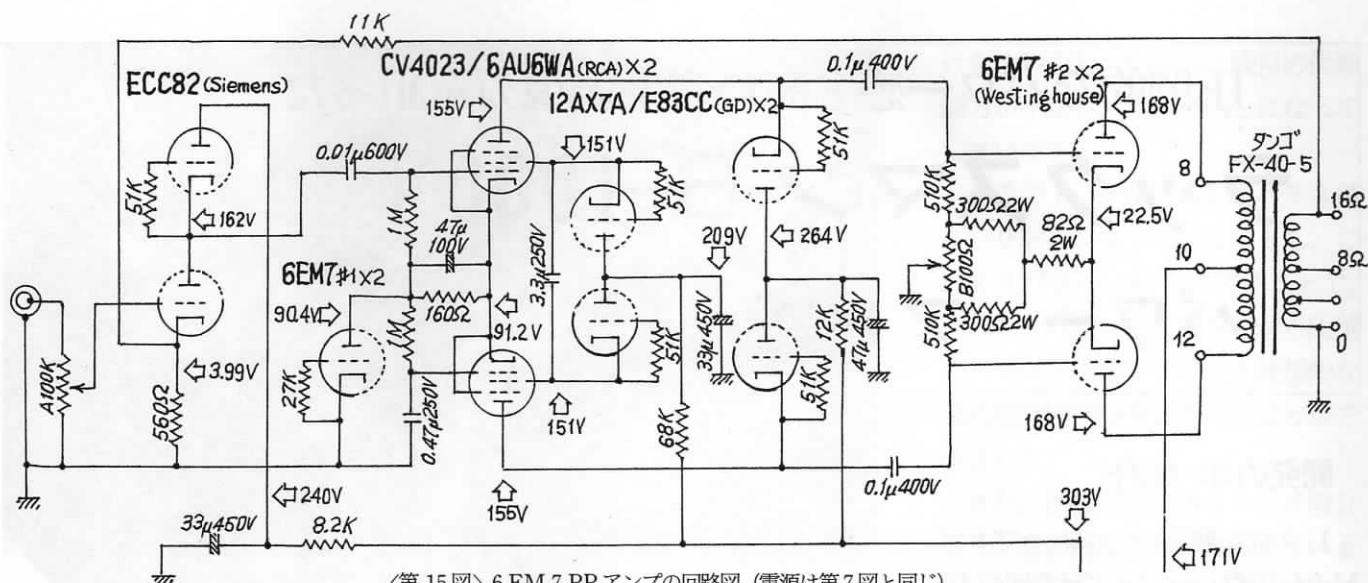
(3) 初段管の R_k 値

初段管の R_k 値は 360 Ω として，初段回路の増幅度 7.2 倍を得ました．負帰還抵抗値は 7.0 kΩ（6.8 kΩ＋200 Ω の実測値）として，負帰還量は 17.7 dB になりました．第7図は本機の回路図を示したものです．

諸特性

第8図は本機のひずみ率特性を示したものです．最大出力は 3.2 W でした．

本機を製作した後，RCA の 6 GF 7 A を入手することができました．第9図は，これを本機に差し替

〈第7図〉
最終的に決定した 6 GF 7 APP パワー・アンプの回路図

〈第 15 図〉 6 EM 7 PP アンプの回路図（電源は第 7 図と同じ）

諸特性

第 16 図は，ひずみ率特性を示したもので，最大出力は 3.5 W でした．ひずみ率特性は入力 70 Hz の 0.7 W〜3 W 間が他の 2 つの曲線と異なり，異常を示しました．

そこで，位相反転回路における 70 Hz のひずみ率を調べましたが（**第 14 図**），ここでは 70 Hz のひずみ率に異常がなかったので，**第 16 図**における異常は使用した 6 EM 7 の固有の特性によるものであると判断しました．この点を除けば，**第 16 図**は 6 GF 7 APP アンプのひずみ率特性を示した**第 8 図**と重ね合わすことができました．

第 17, 18 図は，周波数特性と出力インピーダンス特性です．この 2 つの図とも，6 GF 7 APP アンプの場合の**第 10, 11 図**に酷似したものになりました．

すなわち，周波数特性は 50 kHz の個所に 0.67 dB の山が生じて右肩上がりになりましたが，6 GF 7 APP アンプの場合と同様に，高域補正は行いませんでした．

出力インピーダンス Z_0 は，出力 1.0 W で 20 Hz〜5 kHz 間が 0.55 Ω，この場合のダンピング・ファクタ DF は負荷 8 Ω で 14.5 になりました．これら Z_0 と DF の各値は，6 GF 7 APP アンプの場合と同じ値でした．

〈第 17 図〉 6 EM 7 PP アンプ周波数特性

〈第 18 図〉 6 EM 7 PP アンプの出力インピーダンス特性

音はほぼ同質

再生ラインの片チャネルを 6 DE 7 PP アンプにして，他チャネルに 6 GF 7 APP アンプ，または 6 EM 7 PP アンプをつないで試聴したところ，いずれの場合も再生音に違和感がなく，3 者の再生音は同質であると判断しました．これは予想どおりでした．

これまで垂直発振偏向用の複 3 極管 10 種類のうち 7 種類を使用，未使用のものは 6 CY 7，6 FD 7，6 FY 7 の 3 種類になりましたが，これらの再生音も上記の 3 者の再生音と同質であろうと推測されます．

垂直偏向発振用の複 3 極管は，同じ用途の双 3 極管（6 AH 4，6 BL 7，6 BX 7，6 CK 4 など）より廉価で入手しやすいので，もっと多く利用されてもよい球であると思います．